

**PEMROSESAN IMEJ DAN PENGEKSTRAKAN CIRI-CIRI
MORFOLOGI SECARA AUTOMATIK UNTUK SEL LESI
PAYUDARA TERASPIRASI JARUM HALUS**

Oleh

NURYANTI BINTI MOHD. SALLEH

**Tesis yang diserahkan untuk memenuhi keperluan bagi
Ijazah Sarjana Sains (Kejuruteraan Rekabentuk Sistem Elektronik)**

Ogos 2015

PENGHARGAAN

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih Lagi Maha Penyayang. Alhamdulillah, setinggi-tinggi rasa syukur ke hadrat Ilahi kerana dengan limpah kurniaNya, projek ini telah berjaya dilaksanakan sepenuhnya. Walaupun terdapat beberapa kesulitan yang dihadapi, namun berkat usaha, bantuan dan bimbingan yang diberikan oleh pihak-pihak tertentu, akhirnya projek penyelidikan ini dapat juga disiapkan dengan jayanya.

Justeru itu, saya ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan, khususnya kepada penyelia utama Prof. Madya Dr. Harsa Amylia Binti Mat Sakim di atas segala bimbingan yang diberikan. Kesudian beliau meluangkan masa dan memberi tunjuk ajar secara tidak langsung telah mendedahkan saya ke dunia pemprosesan imej perubatan. Berkat bantuan darinya, segala kekeliruan dan kesulitan yang dihadapi telah mampu ditangani dengan baik.

Jutaan terima kasih juga ditujukan khas kepada semua staf dan rakan di Pusat Pengajian Kejuruteraan Elektrik dan Elektronik, Universiti Sains Malaysia (USM) dan Jabatan Patologi, Hospital Universiti Sains Malaysia (HUSM), Kubang Kerian, Kelantan kerana telah banyak membantu dalam kerja-kerja pengumpulan maklumat projek yang diperlukan.

Sekalung penghargaan juga teristimewa buat kedua ibu bapa tersayang, En. Mohd. Salleh Bin Abu Bakar dan Pn. Hj. Rohani Binti Hj. Ahmad dan suami tercinta, Mohd. Hazwan Bin Mohd. Hasni yang tidak pernah jemu-jemu meniup kata-kata semangat, memberi kepercayaan, sokongan padu dan sumbangan dalam pelbagai bentuk. Buat kedua-dua anakanda yang amat dikasihi, Muhammad Haiman Danish dan Muhammad Hakim Darwisy, terima kasih kerana memahami situasi mama. Tidak lupa juga jutaan terima kasih buat ahli keluarga yang lain dan rakan-rakan dari pelbagai pihak yang telah turut terlibat bagi membantu dalam menjayakan projek ini. Semoga projek ini dapat dijadikan perintis dan rujukan buat sesiapa sahaja yang ingin mendalami bidang teknik pemprosesan imej ini.

PRAKATA

“DENGAN NAMA ALLAH YANG MAHA PEMURAH
LAGI MAHA PENYAYANG”

Sabda Rasulullah S.A.W yang bermaksud:

“Barangsiapa yang menuntut ilmu yang dipelajari hanya kerana Allah sedangkan ia tidak menuntutnya kecuali untuk mendapatkan mata benda dunia, ia tidak akan mendapat bau syurga pada hari kiamat”.

- Hadith riwayat Ahmad, Abu Daud dan Ibnu Majah -

Sabda Rasulullah S.A.W lagi yang bermaksud:

“Tuntutlah ilmu walaupun ke negeri China, kerana menuntut ilmu itu wajib atas setiap orang Islam. Dan sesungguhnya para malaikat itu menghamparkan sayapnya bagi penuntut ilmu kerana redha dengan apa yang mereka tuntut”.

- Hadith riwayat Al-Bara' -

“Perkara yang terbaik di antara semua adalah menuntut ilmu. Kemewahan boleh lenyap, kesihatan dan kekuatan boleh berkurangan, tetapi segala pengetahuan yang dipelajari akan menjadi milik yang kekal abadi dan terus tersemat di dalam minda.”

- Louis L'Amour -

ISI KANDUNGAN

	Muka Surat
PENGHARGAAN	ii
PRAKATA	iii
ISI KANDUNGAN	iv
SENARAI RAJAH	viii
SENARAI JADUAL	xiii
SENARAI TERJEMAHAN KATA ISTILAH	xv
SENARAI SINGKATAN ISTILAH	xix
ABSTRAK	xx
ABSTRACT	xxii
BAB 1 PENGENALAN	
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Statistik Kes-kes Barah Payudara	2
1.3 Limitasi Diagnosis Barah Payudara Berdasarkan Ciri-ciri Morfologi pada Imej FNAC Secara Manual	4
1.4 Objektif Penyelidikan	6
1.5 Skop Penyelidikan	7
1.6 Garis Panduan Tesis	8
BAB 2 KAJIAN ILMIAH	
2.1 Pengenalan	10
2.2 Barah Payudara	12
2.2.1 Diagnosis Barah Payudara	13
2.2.2 Sitologi Aspirasi Jarum Halus (FNAC)	15

2.2.3	Sel Barah Payudara Sitologi Aspirasi Jarum Halus (FNAC)	18
2.2.3 (a)	Sitologi Tumor Benigna	18
2.2.3 (b)	Sitologi Tumor Malignan	20
2.3	Ciri-ciri Morfologi Sel	22
2.4	Sistem Sokongan Diagnosis Barah Payudara Berasaskan Ciri-ciri Morfologi Sel	23
2.5	Teknik-teknik Prapemprosesan Imej Sitologi	28
2.5.1	Peningkatan Kontras	29
2.5.2	Paras Kelabu	30
2.5.3	Penapisan Hingar	31
2.6	Teknik-teknik Perluasan Imej Sitologi	33
2.6.1	Peruasan Kawasan Dikehendaki	35
2.6.2	Pengesanan Pinggir	36
2.7	Teknik-teknik Pengekstrakan Data Morfologi Imej Sitologi	38
2.8	Ringkasan	40

BAB 3 METODOLOGI PEMROSESAN DAN PENGEKSTRAKAN CIRI-CIRI MORFOLOGI IMEJ FNAC SECARA AUTOMATIK

3.1	Pengenalan	42
3.2	Perolehan dan Pengumpulan Data Imej FNAC	43
3.3	Prapemprosesan Imej FNAC	46
3.3.1	Penyebaran Kontras Setempat Linear Imej FNAC	47
3.3.2	Pemprosesan Imej FNAC Paras Kelabu	50
3.3.3	Penapisan Hingar Median dengan Elemen Pengstrukturkan Berbentuk Oktagon	51
3.4	Peruasan Imej FNAC	55
3.4.1	Algoritma Perluasan Kawasan Dikehendaki	56
3.4.2	Algoritma Pengesanan Pinggir	59

3.5	Pengekstrakan Ciri Morfologi Berdasarkan Teknik Pemrosesan Imej	63
3.5.1	Pengekstrakan Ciri-ciri Morfologi Sel Tunggal	63
3.5.2	Pengekstrakan Ciri-ciri Morfologi Sel Kelompok	70
3.6	Ringkasan	71
 BAB 4 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN		
4.1	Pengenalan	73
4.2	Keputusan Prapemrosesan Imej FNAC	73
4.2.1	Keputusan Penyebaran Kontras Imej FNAC	74
4.2.2	Keputusan Pemrosesan Imej FNAC Paras Kelabu	84
4.2.3	Keputusan Penapisan Hingar Median dengan Pelbagai Bentuk Elemen Pengstruktur	90
4.3	Keputusan Perluasan Imej FNAC	96
4.3.1	Keputusan Perluasan Kawasan Dikehendaki	97
	4.3.1 (a) Keputusan Perluasan Kawasan Selepas Penapisan Hingar dengan Pelbagai Elemen Pengstruktur	97
	4.3.1 (b) Keputusan Perluasan Kawasan Konvensional	103
4.3.2	Keputusan Pengesanan Pinggir	108
	4.3.2 (a) Keputusan Pengesanan Pinggir Selepas Penapisan Hingar dengan Pelbagai Elemen Pengstruktur	109
	4.3.2 (b) Keputusan Pengesanan Pinggir Konvensional	115
4.4	Keputusan Pengekstrakan Ciri-ciri Morfologi	120
4.4.1	Keputusan Pengekstrakan Ciri-ciri Morfologi Sel Tunggal	121
4.4.2	Keputusan Pengekstrakan Ciri-ciri Morfologi Sel Kelompok	128
4.5	Ringkasan	133

BAB 5	KESIMPULAN DAN CADANGAN	
5.1	Kesimpulan	135
5.2	Cadangan Membina Kajian Masa Hadapan	137
	SUMBER RUJUKAN	139
	LAMPIRAN A	149
	LAMPIRAN B	171

SENARAI RAJAH

Senarai Rajah	Muka Surat
Rajah 1.1: Statistik peratusan lima jenis barah yang berlaku di Malaysia pada tahun 2013 (Kanser Payudara – Fakta & Statistik, 2013)	3
Rajah 2.1: Anatomi payudara (Isi dan Struktur Payudara Wanita, 2011)	12
Rajah 2.2: Prosedur-prosedur diagnosis barah payudara (Carvalho & Stewart, 2009)	13
Rajah 2.3: Prosedur-prosedur implementasi kaedah FNAC (<i>Health Central</i> , 2011)	16
Rajah 2.4: Carta alir prosedur-prosedur diagnosis barah payudara melalui kaedah sitologi aspirasi jarum halus (George <i>et al.</i> , 2014)	17
Rajah 2.5: Lima kelas asas teknik pemprosesan imej digital dan beberapa operasi perwakilannya	27
Rajah 2.6: Pengelasan teknik penapisan hingar	32
Rajah 3.1: Gambarajah blok bagi keseluruhan proses pembangunan teknik pemprosesan berautomatik bagi pengekstrakan ciri-ciri morfologi imej FNAC	46
Rajah 3.2: Operasi teknik penyebaran kontras setempat secara penskalaan linear	49
Rajah 3.3: Perbandingan antara histogram keamatan piksel pada imej sebelum dan selepas proses penyebaran kontras setempat	49
Rajah 3.4: Skala paras kelabu 8-bit	50
Rajah 3.5: Proses pengkuantuman dan pensampelan imej FNAC	51
Rajah 3.6: Bentuk-bentuk elemen pengstrukturian yang diperkenalkan mengikut saiz tetingkap masing-masing untuk diaplikasi dalam teknik penapisan median	53
Rajah 3.7: Elemen pengstrukturian oktagon bersaiz 7×7 dengan lokasi piksel-piksel jirannya dalam kumpulan piksel masukan	54

Rajah 3.8:	Proses penapisan median dengan bentuk elemen pengstrukturatan oktagon	55
Rajah 3.9:	Taburan histogram paras kelabu bagi imej payudara FNAC	57
Rajah 3.10:	Kaedah titik puncak dan titik lembah automatik (AVPPP)	58
Rajah 3.11:	Kawasan nukleus yang ditanda dengan nilai paras kelabu 255 selepas proses peruasan kawasan dikehendaki	59
Rajah 3.12:	Lokasi titik benih awalan dengan 3×3 jirannya	60
Rajah 3.13:	Teknik pertumbuhan titik benih secara (a) empat jiran bersebelahan (b) empat jiran diagonal (c) lapan jiran sekeliling	62
Rajah 3.14:	Pinggir nukleus yang ditanda dengan nilai paras kelabu 255 selepas proses pengesanan pinggir	63
Rajah 3.15:	Koordinat piksel-piksel jiran pada piksel asal imej	64
Rajah 3.16:	Carta alir perlaksanaan algoritma penjumlahan piksel kejiranan (NPS)	67
Rajah 4.1:	Imej asal sel barah payudara FNAC benigna dan malignan	74
Rajah 4.2:	Imej FNAC sebelum proses penyebaran kontras dan taburan histogram keamatan piksel	76
Rajah 4.3:	Keputusan imej FNAC selepas proses penyebaran gelap dan taburan histogram keamatan piksel	77
Rajah 4.4:	Keputusan imej FNAC selepas proses penyebaran cerah dan taburan histogram keamatan piksel	78
Rajah 4.5:	Keputusan imej FNAC selepas proses penyebaran kontras sejagat dan taburan histogram keamatan piksel	79
Rajah 4.6:	Keputusan imej FNAC selepas proses penyebaran kontras setempat dan taburan histogram keamatan piksel	80
Rajah 4.7:	Keputusan imej FNAC paras kelabu 1-bit dan taburan histogram paras kelabu	85
Rajah 4.8:	Keputusan imej FNAC paras kelabu 2-bit dan taburan histogram paras kelabu	86

Rajah 4.9:	Keputusan imej FNAC paras kelabu 4-bit dan taburan histogram paras kelabu	87
Rajah 4.10:	Keputusan imej FNAC paras kelabu 8-bit dan taburan histogram paras kelabu	88
Rajah 4.11:	Keputusan penapisan hingar median imej FNAC_B1	91
Rajah 4.12:	Keputusan penapisan hingar median imej FNAC_B2	92
Rajah 4.13:	Keputusan penapisan hingar median imej FNAC_B3	92
Rajah 4.14:	Keputusan penapisan hingar median imej FNAC_M1	93
Rajah 4.15:	Keputusan penapisan hingar median imej FNAC_M2	94
Rajah 4.16:	Keputusan penapisan hingar median imej FNAC_M3	95
Rajah 4.17:	Keputusan peruasan AVPPP ke atas imej FNAC_B1 setelah ditapis	98
Rajah 4.18:	Keputusan peruasan AVPPP ke atas imej FNAC_B2 setelah ditapis	98
Rajah 4.19:	Keputusan peruasan AVPPP ke atas imej FNAC_B3 setelah ditapis	99
Rajah 4.20:	Keputusan peruasan AVPPP ke atas imej FNAC_M1 setelah ditapis	100
Rajah 4.21:	Keputusan peruasan AVPPP ke atas imej FNAC_M2 setelah ditapis	101
Rajah 4.22:	Keputusan peruasan AVPPP ke atas imej FNAC_M3 setelah ditapis	102
Rajah 4.23:	Keputusan peruasan kawasan nukleus imej FNAC_B1	104
Rajah 4.24:	Keputusan peruasan kawasan nukleus imej FNAC_B2	104
Rajah 4.25:	Keputusan peruasan kawasan nukleus imej FNAC_B3	105
Rajah 4.26:	Keputusan peruasan kawasan nukleus imej FNAC_M1	105
Rajah 4.27:	Keputusan peruasan kawasan nukleus imej FNAC_M2	105
Rajah 4.28:	Keputusan peruasan kawasan nukleus imej FNAC_M3	106
Rajah 4.29:	Keputusan pengesanan pinggir RGBAVPPP ke atas imej FNAC_B1 setelah ditapis	109
Rajah 4.30:	Keputusan pengesanan pinggir RGBAVPPP ke atas imej FNAC_B2 setelah ditapis	110
Rajah 4.31:	Keputusan pengesanan pinggir RGBAVPPP ke atas imej FNAC_B3 setelah ditapis	111

Rajah 4.32:	Keputusan pengesanan pinggir RGBAVPPP ke atas imej FNAC_M1 setelah ditapis	112
Rajah 4.33:	Keputusan pengesanan pinggir RGBAVPPP ke atas imej FNAC_M2 setelah ditapis	112
Rajah 4.34:	Keputusan pengesanan pinggir RGBAVPPP ke atas imej FNAC_M3 setelah ditapis	113
Rajah 4.35:	Keputusan pengesanan pinggir nukleus imej FNAC_B1	115
Rajah 4.36:	Keputusan pengesanan pinggir nukleus imej FNAC_B2	116
Rajah 4.37:	Keputusan pengesanan pinggir nukleus imej FNAC_B3	116
Rajah 4.38:	Keputusan pengesanan pinggir nukleus imej FNAC_M1	117
Rajah 4.39:	Keputusan pengesanan pinggir nukleus imej FNAC_M2	117
Rajah 4.40:	Keputusan pengesanan pinggir nukleus imej FNAC_M3	118
Rajah 4.41:	Graf hubungan lurus data automatik melawan data manual bagi luas kawasan nukleus	121
Rajah 4.42:	Graf hubungan lurus data automatik melawan data manual bagi perimeter nukleus	122
Rajah 4.43:	Graf hubungan lurus data automatik melawan data manual bagi jumlah keamatan paras kelabu piksel nukleus	122
Rajah 4.44:	Graf hubungan lurus data automatik melawan data manual bagi kepadatan nukleus	123
Rajah 4.45:	Graf hubungan lurus data automatik melawan data manual bagi diameter nukleus	124
Rajah 4.46:	Graf hubungan lurus data automatik melawan data manual bagi kebulatan nukleus	124
Rajah 4.47:	Graf hubungan lurus data automatik melawan data manual bagi indeks pleomorfisme nuklear (NPI) nukleus	124
Rajah 4.48:	Graf hubungan lurus data automatik melawan data manual bagi ukuran pleomorfisme nuklear (NPM) nukleus	125

Rajah 4.49:	Graf hubungan lurus data automatik melawan data manual bagi purata keamatan paras kelabu piksel nukleus	125
Rajah 4.50:	Graf hubungan lurus data automatik melawan data manual bagi jumlah ketumpatan optik (OD) nukleus	125
Rajah 4.51:	Graf hubungan lurus data automatik melawan data manual bagi purata ketumpatan optik nukleus	126
Rajah 4.52:	Graf hubungan lurus data automatik melawan data manual bagi jumlah ketumpatan nuklear bersepadu (IND) nukleus	126
Rajah 4.53:	Graf hubungan lurus data automatik melawan data manual bagi purata ketumpatan nuklear bersepadu nukleus	126
Rajah 4.54:	Contoh paparan antaramuka pengekstrakan data morfologi imej FNAC sel tunggal	129
Rajah 4.55:	Contoh 1 paparan antaramuka pengekstrakan data morfologi imej FNAC sel berkelompok	129
Rajah 4.56:	Contoh 2 paparan antaramuka pengekstrakan data morfologi imej FNAC sel berkelompok	129
Rajah 4.57:	Contoh 3 paparan antaramuka pengekstrakan data morfologi imej FNAC sel berkelompok	130

SENARAI JADUAL

Senarai Jadual	Muka Surat
Jadual 2.1: Perbandingan antara kaedah-kaedah diagnosis konvensional	14
Jadual 2.2: Jenis-jenis tumor benigna yang lazimnya ditemui pada pesakit (Atkinson, 2004; Saglam & Can, 2005)	19
Jadual 2.3: Jenis-jenis tumor malignan yang lazimnya ditemui pada pesakit (Atkinson, 2004)	20
Jadual 2.4: Perbandingan ciri morfologi antara sitologi sel FNAC benigna dan malignan (Demir & Yener, 2005)	22
Jadual 2.5: Perbandingan antara teknik-teknik pemprosesan secara manual dan automatik dalam sistem sokongan diagnosis barah yang dijalankan oleh para penyelidik terdahulu	24
Jadual 2.6: Perbandingan teknik-teknik peruasan imej mikroskopik sel yang lazimnya digunakan oleh para penyelidik terdahulu	34
Jadual 2.7: Ciri-ciri morfologi sel yang diekstrak oleh para penyelidik terdahulu	39
Jadual 2.8: Kepentingan ciri-ciri morfologi imej sel yang lazimnya digunakan untuk diagnosis barah (George <i>et al.</i> , 2012)	40
Jadual 4.1: Perbandingan nilai keamatan warna piksel sebelum dan selepas proses penyebaran kontras	82
Jadual 4.2: Perbezaan nilai keamatan warna piksel sebelum dan selepas proses penyebaran kontras antara kawasan sitoplasma dan nukleus	83
Jadual 4.3: Perbezaan nilai keamatan warna piksel sebelum dan selepas proses penyebaran kontras antara kawasan latar belakang dan sitoplasma	83
Jadual 4.4: Perbandingan nilai paras kelabu piksel sebelum dan selepas proses penukaran imej paras kelabu	89

Jadual 4.5:	Keputusan nilai ambang nukleus bagi setiap teknik peruasan konvensional dikaji	106
Jadual 4.6:	Keputusan ujian korelasi di antara data automatik dan data manual bagi 3 ciri morfologi asas	122
Jadual 4.7:	Keputusan ujian korelasi di antara data automatik dan data manual bagi 10 ciri morfologi	127
Jadual 4.8:	Keputusan ujian korelasi di antara data automatik dan data manual bagi 10 sampel imej sel kelompok	131

SENARAI TERJEMAHAN KATA ISTILAH

Bahasa Melayu

Ahli Patologi

Ahli Sitoteknologi

Ambang

Asid Deoksiribonukleik

Aspirasi Jarum Halus

Aspirat Jarum Halus

Benigna

Biopsi Jarum Teras

Bius

Boleh Dirasai

Cecair

Diagnosis / Pengesanan

Diameter

Diselewengkan

Duktus

Ekstrak

Fibroistik

Fibrosista

Gelombang Kecil

Hingar

Indeks Pleomorfisme Nuklear

Invasif

Jarum Teras Lebar

Kabur

Karsinoma

Bahasa Inggeris

Pathologist

Cytotechnologist

Threshold

Deoxyribonucleic Acid

Fine Needle Aspiration

Fine Needle Aspirate

Benign

Core Needle Biopsy

Anaesthetic

Palpable

Fluid

Diagnosis

Diameter

Diverted

Ductal

Extract

Fibrocystic

Fibrocyst

Wavelet

Noise

Nuclear Pleomorphism Index

Invasive

Wide Core Needle

Fuzzy

Carcinoma

Kawasan Dikehendaki	<i>Region of Interest</i>
Keabnormalan / Ketaknormalan	<i>Abnormality</i>
Keamatan	<i>Intensity</i>
Kebolehpercayaan	<i>Reliability</i>
Kebulatan	<i>Roundness</i>
Kecerahan	<i>Brightness</i>
Kecerunan	<i>Gradient</i>
Kelenjar Limfa	<i>Lymph Gland</i>
Kelompok	<i>Cluster</i>
Kepadatan	<i>Compactness</i>
Ketepuan	<i>Saturation</i>
Ketulan	<i>Lump</i>
Ketumpatan Optik Bersepadu	<i>Integrated Optical Density</i>
Kontras	<i>Contrast</i>
Konvensional	<i>Conventional</i>
Korelasi	<i>Correlation</i>
Kuantitatif	<i>Quantitative</i>
Legeh	<i>Watershed</i>
Leper	<i>Squash</i>
Lesi	<i>Lesion</i>
Luas	<i>Area</i>
Lumuran	<i>Stain</i>
Makrofag	<i>Macrophage</i>
Malignan	<i>Malignant</i>
Mammografi	<i>Mammography</i>
Mampat	<i>Compress</i>
Morfologikal	<i>Morphological</i>
Nilai Ambang	<i>Threshold Value</i>

Nucleus	<i>Nucleus</i>
Nuklear	<i>Nuclear</i>
Pakar Radiologi	<i>Radiologist</i>
Palitan Pap	<i>Pap Smear</i>
Paras Kelabu	<i>Grey Level</i>
Pautan	<i>Cohesiveness</i>
Pemampatan Imej	<i>Image Compression</i>
Pembesaran	<i>Magnification</i>
Pembolehubah	<i>Variable</i>
Pemprosesan Imej	<i>Image Processing</i>
Pemulihan Imej	<i>Image Restoration</i>
Penapisan Hingar	<i>Noise Filtering</i>
Penapisan Ruang	<i>Spatial Filtering</i>
Penganalisa Imej	<i>Image Analyzer</i>
Pengecaman Corak	<i>Pattern Recognition</i>
Pengekstrakan Ciri	<i>Feature Extraction</i>
Pengelompokan	<i>Clustering</i>
Pengesanan Pinggir	<i>Edge Detection</i>
Penghapusan Hingar	<i>Noise Elimination</i>
Pengkuantuman	<i>Quantization</i>
Pengimejan Resonans Magnetik	<i>Magnetic Resonance Imaging</i>
Peningkatan Imej	<i>Image Enhancement</i>
Pensampelan	<i>Sampling</i>
Penskalaan	<i>Scaling</i>
Penyebaran	<i>Stretching</i>
Penyeragaman Histogram	<i>Histogram Equalization</i>
Perolehan	<i>Acquisition</i>
Pertumbuhan Kawasan Secara Titik Benih	<i>Seed Based Region Growing</i>

Pertumbuhan	<i>Growing</i>
Peruasan	<i>Segmentation</i>
Pinggir	<i>Edge</i>
Pleomorfisme	<i>Pleomorphism</i>
Prognosis	<i>Prognosis</i>
Purata Ralat Kuasa Dua	<i>Mean Squared Error</i>
Purata	<i>Mean</i>
Purata C-Kabur	<i>Fuzzy C-Mean</i>
Rekatan	<i>Adhesion</i>
Rendaman Legeh	<i>Watershed Immersion</i>
Sampul Nukleus	<i>Nucleus Envelope</i>
Sejagat	<i>Global</i>
Selular	<i>Cellular</i>
Sempadan	<i>Boundary</i>
Setempat	<i>Local</i>
Sinar-X	<i>X-Ray</i>
Sisip Kaca	<i>Glass Slide</i>
Sista / Pundi	<i>Cyst</i>
Sitologi	<i>Cytology</i>
Sitoplasma	<i>Cytoplasm</i>
Skala Kelabu	<i>Grayscale</i>
Skula	<i>Scule</i>
Slaid Lumuran	<i>Smear Slide</i>
Tapis	<i>Filter</i>
Terbenam	<i>Embedded</i>
Tidak Boleh Dirasai	<i>Nonpalpable</i>
Ukuran Pleomorfisme Nuklear	<i>Nuclear Pleomorphism Measurement</i>
Ultrabunyi	<i>Ultrasound</i>

SENARAI SINGKATAN ISTILAH

AVPPP	-	Automatic Valley Point and Peak Point
BAC	-	Barrett's Adenocarcinoma
CIS	-	Carcinoma In Situ
CDWT	-	Complex Discrete Wavelet Transform
CNB	-	Core Needle Biopsy
CRF	-	Conditional Random Field
DCIS	-	Ductal Carcinoma In Situ
DNA	-	Deoxyribonucleic Acid
FNAB	-	Fine Needle Aspiration Biopsy
FNAC	-	Fine Needle Aspiration Cytology
HUSM	-	Hospital Universiti Sains Malaysia
IND	-	Integrated Nuclear Density
IOD	-	Integrated Optical Density
LCIS	-	Lobular Carcinoma In Situ
LCS	-	Local Contrast Stretching
MRI	-	Magnetic Resonance Imaging
NPI	-	Nuclear Pleomorphism Index
NPM	-	Nuclear Pleomorphism Measurement
NPS	-	Neighbouring Pixel Summation
RGB	-	Red Green Blue
RGBAVPPP	-	Region Growing Based Automatic Valley Point and Peak Point
SBRG	-	Seed Based Region Growing

**PEMROSESAN IMEJ DAN PENGEKSTRAKAN CIRI-CIRI MORFOLOGI
SECARA AUTOMATIK UNTUK SEL LESI PAYUDARA TERASPIRASI
JARUM HALUS**

ABSTRAK

Sitologi aspirasi jarum halus (FNAC) telah terkenal sebagai salah satu kaedah yang sesuai untuk mengesan barah payudara pada peringkat awal. Kaedah ini bukan sahaja mudah dan cepat; kosnya juga adalah rendah. Walaubagaimanapun, proses tersebut perlu dikendalikan oleh ahli-ahli patologi yang berkemahiran tinggi dan berpengalaman. Aplikasi dalam pengimejan perubatan telah ditemui sangat berguna untuk membantu proses ini. Bagi tumor-tumor yang pejal, ciri-ciri morfologi telah menunjukkan kepekaan yang lebih tinggi dan amat berguna untuk mendiagnosis barah payudara. Pengenalpastian ciri-ciri morfologi ini seringkali dilakukan samaada secara visual atau menggunakan sistem pengkomputeran secara manual. Objektif utama penyelidikan ini adalah bertujuan untuk mengenalpasti teknik-teknik pemprosesan berautomatik bagi mengekstrak ciri-ciri morfologi daripada imej-imej sel lesi payudara teraspirasi jarum halus. Teknik-teknik pemprosesan imej yang dikaji adalah pertamanya, teknik-teknik pemprosesan imej untuk meningkatkan kawasan-kawasan tumpuan. Keduanya, teknik-teknik peruasan imej di mana perhatian tertumpu ke atas kawasan-kawasan tumpuan. Akhir sekali, teknik-teknik pengekstrakan ciri untuk mengekstrak ciri-ciri morfologi daripada imej-imej. Dalam penyelidikan ini, sebanyak 13 ciri morfologi dicadangkan untuk diekstrak daripada imej-imej FNAC yang mengandungi sel tunggal manakala sebanyak 40 ciri morfologi pula diekstrak daripada imej-imej yang mengandungi sel-sel berkelompok. Maklumat berdasarkan luas kawasan, perimeter, keamatan paras kelabu piksel, kepadatan, diameter, kebulatan, indeks pleomorfisme nuklear (NPI), ukuran pleomorfisme nuklear (NPM), ketumpatan optik (OD), dan ketumpatan nuklear bersepadu (IND) sel-sel payudara dalam setiap imej digunakan bagi mendapatkan data morfologi. Data morfologi imej tersebut kemudiannya dianalisa dan dibandingkan dengan data manual melalui ujian

korelasi. Hasil keputusan ujian korelasi yang diperoleh menunjukkan sebanyak 9 daripada keseluruhan 13 jenis data korelasi yang diekstrak daripada imej-imej sel tunggal mempunyai hubungan lurus yang kuat iaitu melebihi 0.8. Manakala bagi imej sel berkelompok pula, 11 daripada 40 jenis data korelasi yang diekstrak mempunyai hubungan lurus yang kuat.

AUTOMATIC IMAGE PROCESSING AND MORPHOLOGICAL FEATURES EXTRACTION FOR FINE NEEDLE ASPIRATED CELL OF BREAST LESION

ABSTRACT

Fine needle aspiration cytology (FNAC) has been known as one of the compatible method for detecting breast cancer at its early stage. This method is not only simple and fast; it is also low in cost. However, the process needs to be handled by highly skilled and experienced pathologists. Application in medical imaging has been found to be very useful to assist this process. For solid tumours, the morphological features have been shown to be more sensitive and very useful to diagnose breast cancer. Identification of these morphological features has often been performed either by visualization or using manual computational system. The main objective of this research is to identify automated processing techniques to extract morphological features from fine needle aspirated cell images of breast lesion. The processing techniques studied were firstly, image preprocessing techniques to enhance focal areas. Secondly, image segmentation techniques which concentrate on focal areas. Finally, feature extraction techniques to extract morphological features from the images. In this research, 13 morphological features were extracted from FNAC images which contain single cell while another 40 morphological features were extracted from images which contain cluster cells. The information based on area, boundary, grey level concentration of pixel, compactness, diameter, roundness, nuclear pleomorphism index (NPI), nuclear pleomorphism measurement (NPM), optical density (OD) and integrated nuclear density of breast cells in each image were used to obtain the morphological data. Those image morphological data were then analyzed and compared with manual data through correlation test. Based on the test correlation results obtained show that 9 out of 13 types of correlation data extracted from images of single cells has a strong linear correlation of more than 0.8. As for the image of the cells cluster, only 11 out of 40 types of data extracted has a strong linear correlation relationship.

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Pendahuluan

Barah adalah sejenis penyakit melibatkan keadaan sel yang membesar secara di luar kawalan hingga mampu memusnahkan tisu biologi dan seterusnya merebak (Taghian & Halyard, 2012). Penyakit barah yang tertua di dunia adalah barah payudara (Ma & Dame, 2008). Barah payudara merupakan penyakit barah tertinggi dalam kalangan wanita (Keleş & Yavuz, 2011). Ia juga merupakan penyebab utama kematian yang berlaku akibat barah (Jemal *et al.*, 2011; Ferlay *et al.*, 2010). Merujuk kepada laporan perangkaan statistik terkini seperti yang dibentangkan pada Bahagian 1.2, didapati peratusan penghidap penyakit ini semakin meningkat dari dahulu hingga kini. Kesedaran yang tinggi terhadap penyakit ini adalah sangat penting pada setiap individu. Pelbagai kaedah diagnosis dan rawatan yang lebih berkesan juga perlu dipertingkatkan. Justeru itu, pelbagai penyelidikan terus giat dilaksanakan bagi mendapatkan lebih banyak maklumat tentang kaedah diagnosis barah jenis ini (George *et al.*, 2014; Keles & Yavuz, 2011).

Analisis terhadap ciri-ciri morfologi daripada sel barah sememangnya amat penting sebagai salah satu kaedah asas untuk mendiagnosis jenis barah. Pelbagai penyelidikan tentang hubungan ciri-ciri morfologi dengan tahap ketumbuhan barah yang dihidapi oleh seseorang pesakit telah banyak dijalankan (Wang *et al.*, 2013; Reed *et al.*, 2015). Dalam penyelidikan terkini, pelbagai maklumat tentang ciri-ciri morfologi yang terkandung dalam sel-sel barah ini dikumpulkan. Penemuan ciri-ciri morfologi ini mampu membantu untuk meramal dan mengklasifikasi barah payudara dengan efektif (Carraro *et al.*, 2014). Berdasarkan maklumat-maklumat ini, pelbagai kemajuan yang besar telah dihasilkan untuk mempertingkatkan lagi tahap keberkesanan dan kepantasan mendiagnosis barah payudara.

Antara kemajuan besar yang dihasilkan pada masa kini adalah teknologi pengkomputeran yang boleh digunakan untuk mendiagnosis barah. Kandungan perisian atau komponen yang dihasilkan menggunakan aplikasi pelbagai teknik pemprosesan imej mampu membantu mendiagnosis jenis barah payudara dengan baik (Heindl *et al.*, 2015; Ligthart *et al.*, 2013; Beck *et al.*, 2011).

1.2 Statistik Kes-kes Barah Payudara

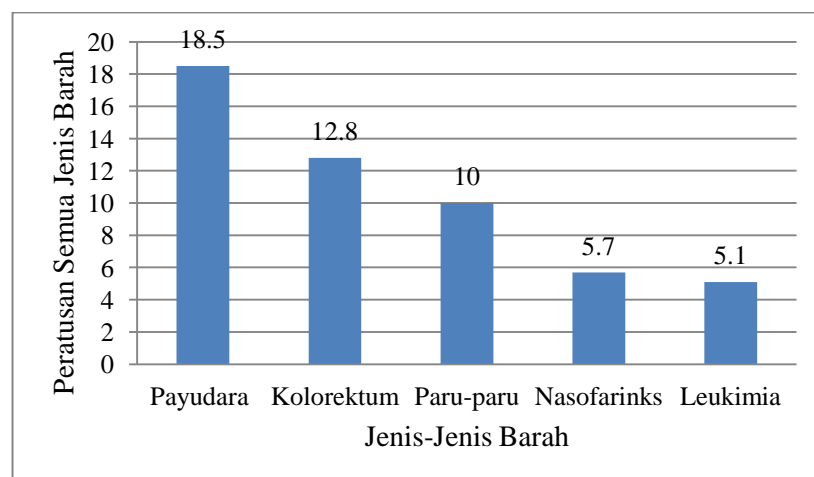
Hasil daripada kajian dan maklumat yang dikumpulkan, peratusan wanita yang menghidap penyakit barah payudara di seluruh dunia adalah masih pada paras yang tinggi. Kajian yang dilakukan oleh Jemal *et al.* (2011) mendapati peratusan kes barah yang tertinggi bagi golongan wanita adalah terdiri daripada barah payudara dan barah paru-paru bagi golongan lelaki di kedua-dua negara maju dan membangun. Angka statistik menunjukkan kes yang melibatkan barah payudara adalah sebanyak 1.38 juta kes dan 458,400 kes daripadanya menyebabkan kematian pada tahun 2008 (Jemal *et al.*, 2011).

Pada tahun 2012, hampir 1.7 juta orang wanita di seluruh dunia telah menjalani rawatan kerana dikesan menghidapi barah ini (Ferlay *et al.*, 2014). Pada tahun tersebut, Amerika utara merupakan negara yang mencatatkan kes barah payudara yang tertinggi. Manakala kes terendah pula adalah di Asia dan Afrika (Ferlay *et al.*, 2014). Di Eropah barat, lebih daripada 90 kes baru insiden barah payudara daripada setiap 100,000 orang wanita dilaporkan berlaku pada setiap tahun. Berbeza dengan negara di Afrika timur, 30 kes baru insiden barah ini berlaku daripada setiap 100,000 orang wanita (Ferlay *et al.*, 2012). Pada tahun 2013, sebanyak 232,340 kes baru barah payudara invasif dianggarkan berlaku di kalangan wanita Amerika Syarikat. Menurut laporan tersebut, 39,620 daripada kes tersebut telah menyebabkan kematian (DeSantis *et al.*, 2013).

Di Asia, barah payudara merupakan penyakit barah keempat penyebab kematian pada tahun 2012. Walaupun kes barah ini seringkali berlaku di negara Australia dan New Zealand, namun peningkatan besar kadar kematian disebabkan penyakit ini turut berlaku di Thailand dan Malaysia (Youlden *et al.* 2014).

Di Malaysia, barah payudara adalah barah yang paling tinggi dihidapi oleh golongan wanita. Lebih kurang 4000 orang wanita didiagnosis pada setiap tahun. Barah ini biasanya berlaku dalam kalangan wanita yang berusia antara 35 hingga 60 tahun. Manakala 40 peratus daripadanya berlaku pada usia lingkungan bawah 50 tahun (Ariffin O.Z. & Saleha I.T., 2011).

Berdasarkan laporan, kejadian barah ini meningkat daripada 32,000 kes pada tahun 2008 kepada kira-kira 37,000 kes pada tahun 2012. Sejumlah 20,100 kes pada tahun 2008 tersebut menyebabkan kematian dan 21,700 kes pada tahun 2012 juga berakhir dengan kematian (Ferlay *et al.*, 2012). Berikut adalah gambarajah statistik yang menunjukkan peratusan lima jenis barah utama yang berlaku di negara ini pada tahun 2013:



Rajah 1.1: Statistik peratusan lima jenis barah yang berlaku di Malaysia pada tahun 2013 (Kanser Payudara – Fakta & Statistik, 2013)

Berdasarkan gambarajah tersebut, barah payudara merupakan barah yang tertinggi berlaku di kalangan rakyat negara ini pada tahun tersebut. Oleh itu, pengesanan barah payudara pada peringkat awal adalah penting untuk meningkatkan keberkesanan rawatan dan mengurangkan kos perubatan.

1.3 Limitasi Diagnosis Barah Payudara Berdasarkan Ciri-ciri Morfologi pada Imej FNAC Secara Manual

Sitologi aspirasi jarum halus lesi (FNAC) telah terkenal sebagai salah satu daripada kaedah yang terbaik bagi mengesan barah payudara pada peringkat awal (Alkuwari & Auger, 2008). Kejayaan proses tersebut adalah bergantung kepada keupayaan dan kemahiran yang ada pada ahli-ahli patologi dan sitoteknologi dalam mengendalikan kaedah tersebut. Walaubagaimanapun, jumlah bilangan ahli patologi di Malaysia adalah terlalu sedikit jika dibandingkan dengan bilangan populasi pesakit yang semakin meningkat hadir untuk diagnosis barah (Noor & Oncologist, 2008). Hanya segelintir bilangan ahli patologi yang mahir terutamanya dalam bidang FNA di negara ini. Oleh itu, minat dan tumpuan ahli patologi ini kadangkala sukar dikekalkan apabila terpaksa mengendalikan kes yang terlalu banyak setiap hari. Lebih-lebih lagi, keabnormalan sel-sel barah payudara yang dilihat daripada sampel-sampel setiap pesakit juga kadangkala adalah terlalu sedikit.

Bilangan sel yang diperlukan untuk diagnosis juga kadangkala tidak mencukupi daripada sampel yang diambil (Vetto *et al.*, 2005). Ini menyebabkan pengesanan sel barah tidak dapat dilakukan dengan baik melalui mata kasar ahli patologi. Akhirnya, sampel-sampel lain terpaksa diambil berulang kali dari pesakit yang sama dan proses diagnosis terpaksa dijalankan sekali lagi. Keadaan ini tentunya akan merugikan masa dan menyebabkan beban kerja ahli patologi semakin bertambah. Bukan itu sahaja, kelewatan dalam pengesanan barah akan memberi impak kepada pesakit untuk dirawat dengan lebih awal dan boleh menyebabkan kematian (Noor & Oncologist, 2008).

Selain itu, masalah-masalah seperti masalah teknikal dan kesilapan yang mungkin dilakukan oleh ahli patologi atau sitoteknologi sendiri kadangkala menyebabkan berlakunya kesilapan dalam proses diagnosis penyakit. Masalah-masalah yang mungkin berlaku adalah seperti teknik-teknik pensampelan yang lemah, kekurangan alatan untuk proses pensampelan, saiz lumuran spesimen yang terlalu tebal, saiz sampel atau bilangan sel yang terhad, sel-sel yang bertindih dan sel-sel yang kemungkinan dilitupi dengan komponen-komponen sel yang lain seperti darah (Mat-Isa *et al.*, 2008).

Pengesanan ciri-ciri morfologi adalah antara kaedah asas dan penting untuk diagnosis penyakit barah. Kemampuan kaedah ini mendiagnosis barah dengan baik telah menyebabkan pelbagai penyelidikan dilakukan bagi meningkatkan lagi prestasi kaedah ini (Yildirim-Assaf *et al.*, 2007). Tambahan lagi, kaedah ini juga mudah dikendalikan dan menjimatkan kerana jumlah kos perisian dan peralatan yang diperlukan berharga hanya puluhan ribu US dolar (Lutz, 2011).

Perkembangan teknologi sistem pengkomputeran pada masa kini telah menghasilkan pelbagai sistem diagnosis. Sistem tersebut dibangunkan berdasarkan teknik-teknik pemprosesan imej untuk mengesan ciri-ciri morfologi pada imej sel. Walaubagaimanapun, kebanyakan sistem diagnosis berasaskan kaedah pengesanan ciri-ciri morfologi sel ini masih dilakukan menggunakan komponen-komponen pemprosesan tertentu secara berasingan. Sistem ini juga seringkali dilaksanakan secara manual (Huang *et al.*, 2005). Pembangunan sistem diagnosis barah berdasarkan data morfologi imej secara automatik sepenuhnya masih tidak banyak dihasilkan. Penghasilan sistem sokongan seperti ini adalah amat penting bagi menjimatkan tenaga kerja, masa dan mempercepatkan keputusan diagnosis yang diperolehi. Walaubagaimanapun, penghasilan sistem sokongan seperti ini tentunya mengambil masa yang panjang jika dibangunkan secara individu.

Berdasarkan permasalahan yang telah dibentangkan, oleh itu, matlamat penyelidikan ini telah dikenalpasti. Matlamat utama penyelidikan ini adalah bertujuan untuk mengenalpasti teknik-teknik pemprosesan berautomatik bagi mengekstrak ciri-ciri morfologi daripada imej-imej sel lesi payudara teraspirasi jarum halus. Melalui penyelidikan ini, sebahagian daripada sistem sokongan diagnosis barah payudara dapat dilaksanakan secara automatik. Kajian ini boleh dijadikan sebagai perintis kepada pembangunan sistem sokongan untuk diagnosis barah berlandaskan kaedah ciri morfologi imej di negara ini.

Penyelidikan ini mencadangkan dan menerokai teknik-teknik yang boleh digunakan ke atas sistem diagnosis barah payudara FNAC berdasarkan data morfologi imej bagi membantu mengurangkan beban kerja ahli-ahli patologi. Bantuan yang dimaksudkan ini adalah dari segi mentafsir sel-sel barah payudara daripada FNAC melalui aplikasi pemprosesan imej dan proses pengekstrakan data secara automatik. Dengan adanya teknik-teknik ini, proses mendiagnosis sel-sel barah akan dapat dijalankan dengan lebih mudah, cepat dan memerlukan kendalian pakar patologi secara minimal. Teknik-teknik pemprosesan imej yang dikenalpasti ini dibangunkan menggunakan komponen-komponen bantuan komputer bagi memproses imej-imej sel yang diambil. Komponen-komponen yang dimaksudkan adalah komponen prapemprosesan imej, peruasan imej dan pengekstrakan maklumat-maklumat morfologi sel daripada imej-imej sel FNAC secara automatik. Selain itu, penghasilan teknik-teknik ini bukan sahaja dapat mengurangkan kebarangkalian kesalahan diagnosis yang mungkin dilakukan, malah ianya juga mampu menghasilkan keputusan diagnosis dalam masa yang singkat.

1.4 Objektif Penyelidikan

Objektif utama projek penyelidikan ini adalah untuk mengenalpasti teknik-teknik pemprosesan berautomatik bagi mengekstrak ciri-ciri morfologi daripada imej-imej sel lesi payudara teraspirasi jarum halus. Demi memastikan objektif utama projek penyelidikan ini

tercapai, maka antara objektif-objektif yang dikenalpasti untuk pelaksanaan projek ini adalah seperti berikut:

1. Mengenalpasti teknik-teknik pemprosesan imej untuk meningkatkan kawasan-kawasan tumpuan.
2. Mengenalpasti teknik-teknik peruasan imej di mana perhatian tertumpu ke atas kawasan-kawasan tumpuan.
3. Mengenalpasti teknik-teknik pengekstrakan ciri untuk mengekstrak ciri-ciri morfologi daripada imej-imej FNAC.

1.5 Skop Penyelidikan

Berdasarkan permasalahan yang telah diterangkan dalam Bahagian 1.3, skop penyelidikan ini hanya memfokuskan kepada pengenalpastian teknik-teknik pemprosesan berautomatik bagi mengekstrak ciri-ciri morfologi daripada imej-imej sel lesi payudara teraspirasi jarum halus.

Bagi membantu dan menyokong matlamat utama penyelidikan ini, komponen-komponen sokongan teknik pemprosesan imej dibangunkan menggunakan bahasa pengaturcaraan C++ dengan perisian *CodeGear C++ Builder 2007 versi 11.0.2902.10471*.

Proses pengumpulan imej-imej FNAC sebagai data untuk projek penyelidikan ini dilakukan secara manual dengan bantuan ahli patologi dan sitoteknologi. Penglibatan mereka ini hanya diperlukan dari peringkat awal pengambilan sampel dari pesakit hingga proses pengumpulan imej selesai dilakukan.

Aplikasi teknik pemprosesan imej yang bersesuaian dikaji dan dibangunkan berdasarkan keupayaannya dalam membantu meningkatkan kualiti imej FNAC. Teknik-teknik yang dicadangkan juga adalah berdasarkan potensinya dalam memudahkan proses pengekstrakan

ciri-ciri morfologi imej dilakukan. Projek penyelidikan ini mencadangkan teknik peningkatan kontras, paras kelabu, penapisan hingar, peruasan dan pengesanan pinggir sebagai teknik prapemprosesan berautomatik sebelum melalui proses pengekstrakan data morfologi.

Penyelidikan ini mencadangkan pengekstrakan 13 ciri morfologi daripada imej FNAC yang mengandungi sel tunggal iaitu luas kawasan, perimeter, jumlah keamatan paras kelabu piksel, kepadatan, diameter, kebulatan, indeks pleomorfisme nuklear (NPI), ukuran pleomorfisme nuklear (NPM), purata keamatan paras kelabu piksel, jumlah ketumpatan optik (OD), purata ketumpatan optik, jumlah ketumpatan nuklear bersepadu (IND) dan purata ketumpatan nuklear bersepadu sel-sel payudara dalam setiap imej. Manakala ciri-ciri morfologi yang sama juga diekstrak daripada imej-imej yang mengandungi sel kelompok. Cuma bezanya pada peringkat ini, data jumlah, purata, varians dan sisihan piawai bagi setiap data ciri morfologi tersebut masing-masing juga diekstrak menjadikan jumlah ciri morfologi yang diekstrak bagi sel kelompok adalah sebanyak 40 ciri. Ujian korelasi antara data morfologi yang diperolehi dengan data manual kemudiannya dijalankan dan dianalisa.

1.6 Garis Panduan Tesis

Secara amnya, tesis ini mengandungi lima bab utama. Bab 1 memberi pengenalan ringkas dan permasalahan tentang penyelidikan ini. Selain itu, objektif dan skop penyelidikan juga diterangkan. Penerangan umum mengenai isu-isu yang terkandung pada setiap bab diterangkan pada bahagian akhir bab 1 ini.

Bab 2 merangkumi kajian ilmiah yang berkaitan dengan projek penyelidikan yang dibangunkan. Bab ini dimulakan dengan pengenalan barah payudara juga kaedah diagnosis yang biasanya dilaksanakan. Seterusnya, informasi perkembangan aplikasi kaedah berasaskan ciri-ciri morfologi sel dalam bidang perubatan dibentangkan. Bab 2 diteruskan

dengan penerangan mengenai kepentingan teknik-teknik pemprosesan imej dalam peningkatan kualiti imej perubatan. Akhir sekali, konsep pengekstrakan data morfologi imej dan penggunaannya untuk diagnosis barah turut dibicarakan.

Bab 3 menerangkan secara mendalam tentang metodologi-metodologi yang dijalankan. Metodologi yang dibincangkan dalam bab ini lebih memfokuskan kepada algoritma-algoritma teknik pemprosesan imej yang dilaksanakan bagi mencapai matlamat penyelidikan.

Bab 4 pula membincangkan hasil semua keputusan yang diperolehi dari Bab 3 secara terperinci. Pembentangan keputusan turut melibatkan hasil perbandingan dengan teknik-teknik konvensional sebelum ini. Keputusan-keputusan yang diperolehi secara kualitatif dan kuantitatif ditunjukkan sebagai bukti hasil penyelidikan.

Bab 5 merupakan bab terakhir untuk tesis ini. Bab ini menyatakan kesimpulan keseluruhan pencapaian projek penyelidikan ini. Kelebihan teknik-teknik pemprosesan imej berautomatik untuk mengekstrak ciri-ciri morfologi imej FNAC yang dipilih disimpulkan. Kesimpulan yang dibuat ini adalah berdasarkan penelitian terhadap perbandingan daripada analisa keputusan-keputusan yang diperolehi. Kemudian, beberapa cadangan dikemukakan sebagai rujukan bagi memperbaiki dan meningkatkan lagi kualiti penyelidikan yang dilaksanakan pada masa hadapan.

Terdapat beberapa helaian lampiran sebagai maklumat tambahan dilampirkan pada bahagian penutup tesis ini.

BAB 2

KAJIAN ILMIAH

2.1 Pengenalan

Barah payudara adalah salah satu penyakit yang paling digeruni terutamanya dalam kalangan wanita. Penilaian atau ujian penyakit barah ini melalui pemeriksaan klinikal, pengimejan dan kaedah sitologi seperti FNAC adalah tiga tahap piawaian yang terbaik bagi menjalankan proses diagnosis (*National Breast Cancer Centre*, 2004). Pelbagai penyelidikan yang dilakukan telah membuktikan bahawa maklumat data ciri-ciri morfologi daripada imej sel dapat menghasilkan keputusan diagnosis yang memberangsangkan. Menurut George *et al.* (2014), perolehan ciri morfologi adalah kaedah yang relevan bagi mengesan transformasi malignan dalam tumor. Bukan itu sahaja, malah ciri-ciri morfologi sel juga boleh digunakan sebagai kaedah diagnostik yang lengkap dalam kes-kes sitologikal yang kompleks.

Selain daripada itu, para penyelidik juga telah menunjukkan bahawa kombinasi data-data ciri morfologi mampu mengesan kehadiran tumor malignan (George *et al.*, 2012; Nandakumar *et al.*, 2014). Ciri-ciri morfologi ini juga telah digunakan oleh beberapa para penyelidik sebagai petunjuk dalam prognosis barah payudara (Pathank *et al.*, 2014; Duigou *et al.*, 2000). Walaubagaimanapun, akibat daripada beberapa kelemahan dan limitasi yang wujud seperti yang telah dinyatakan pada Bahagian 1.3, maka tempoh masa keseluruhan yang diperlukan bagi menghasilkan keputusan diagnosis berasaskan data ciri-ciri morfologi ini adalah agak lama menyebabkan penyakit ini lambat dikesan terutamanya di Malaysia (rujuk Bahagian 2.4 untuk informasi lebih lanjut).

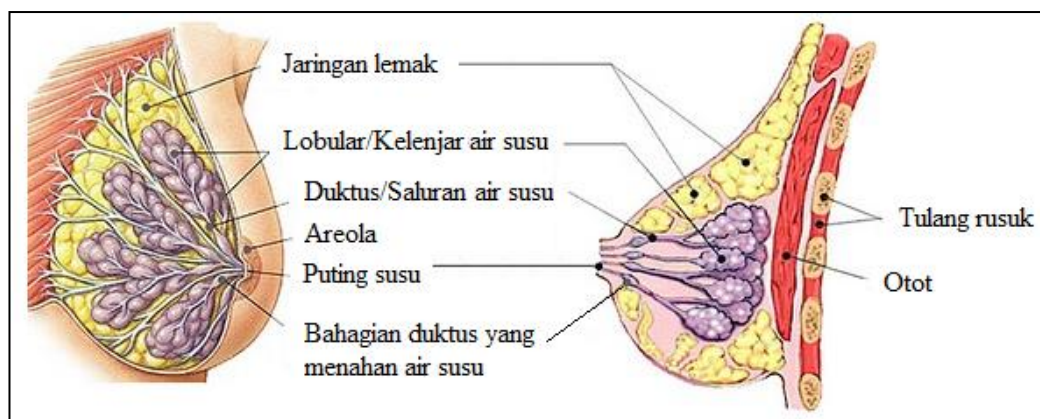
Menyedari tentang kelebihan yang ada pada maklumat ciri-ciri morfologi dan kelemahan yang wujud sepanjang proses penyediaannya, maka beberapa tahun kebelakangan ini,

pelbagai penyelidikan berlandaskan teknik pemprosesan dan analisis imej sering diperbincangkan. Hasil daripada penyelidikan tersebut, pelbagai teknik pemprosesan bagi mengekstrak ciri-ciri morfologi sel telah ditemui. Teknik-teknik ini digunakan bagi mendapatkan pelbagai maklumat morfologi daripada sel-sel barah seperti luas kawasan, perimeter, kepadatan, kebulatan dan pleomorfisme nuklear yang digunakan sebagai penanda-penanda ramalan dalam sistem rangkaian neural (Sakim, 2005; Seker, 2002). Walaupun pelbagai penyelidikan telah dijalankan, masih terdapat banyak ruang yang boleh diperbaiki bagi meningkatkan lagi kualiti kaedah pengekstrakan ciri-ciri morfologi sel. Antaranya, terdapat juga para penyelidik di luar negara yang memfokuskan kajian ke arah pembangunan sistem sokongan berbantuan komputer bagi mengekstrak ciri-ciri tersebut. Berdasarkan kajian ini, pelbagai teknik pemprosesan imej dan pemodelan matematik yang bersesuaian dikaji sebagai landasan kepada aplikasi kaedah pengekstrakan ciri morfologi daripada imej sel dalam sistem diagnosis barah (Plissiti *et al.*, 2011; De Vos *et al.*, 2010; Dunn *et al.*, 2010; Shariff *et al.*, 2010; Huang *et al.*, 2008; Jones *et al.*, 2008; Carpenter *et al.*, 2006).

Perbincangan yang difokuskan dalam Bab 2 ini adalah merujuk kepada pembentangan kajian-kajian ilmiah secara menyeluruh yang berkaitan dengan projek penyelidikan ini. Bab ini akan dimulakan dengan perbincangan secara ringkas mengenai barah payudara, kaedah diagnosis konvensional dan rawatannya serta keadaan imej sel daripada sitologi aspirasi jarum halus (FNAC). Kemudian perbincangan terhadap kaedah berasaskan ciri-ciri morfologi sel dan perkembangan terhadap penggunaannya pada masa kini diulaskan dengan lebih lanjut. Seterusnya bab ini akan menyentuh mengenai kepentingan pembangunan sistem sokongan berasaskan morfologi imej yang berfungsi secara automatik. Ia merangkumi tiga bahagian iaitu sistem prapemprosesan imej, peruasan dan pengekstrakan. Berdasarkan semua informasi daripada kajian ilmiah ini, maka penilaian akan dilakukan dan disesuaikan dengan keperluan dalam projek penyelidikan ini.

2.2 Barah Payudara

Barah boleh didefinisikan sebagai populasi sel yang membahagi di luar proses kawalan normal yang tumbuh seolah-olah tanpa sekatan (*Breast Cancer* (Barah Payudara), 2011). Barah payudara atau istilah alternatifnya karsinoma payudara terjadi apabila sel-sel tisu pada mana-mana bahagian payudara seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.1, mengalami transformasi malignan dan mula membelah dan tumbuh tanpa kawalan.



Rajah 2.1: Anatomi payudara (Isi dan Struktur Payudara Wanita, 2011)

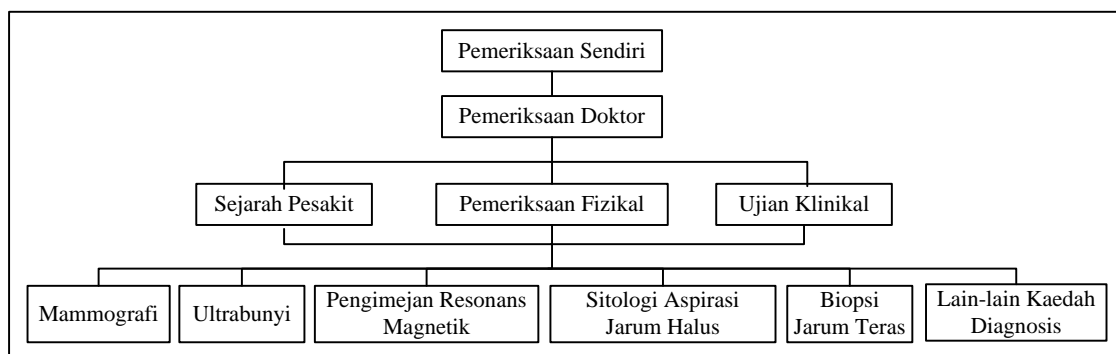
Proses perubahan daripada sel normal menjadi sel barah berlaku secara perlahan dan berperingkat-peringkat. Pada setiap peringkat, sel-sel barah ini tidak terkawal sehingga sel-sel yang terbentuk tidak langsung menyerupai sel normal. Sel-sel ini akan terus membiak dan menambahkan bilangannya (replikasi) walaupun tiada tisu yang perlu diperbaiki atau diganti. Tisu-tisu ini seterusnya akan terus menjadi kekal dan membengkak. Pembengkakan yang terjadi ini dikenali sebagai tumor (*Breast Cancer* (Barah Payudara), 2011).

Pada umumnya, penyebab sebenar barah payudara tidak dapat diketahui sehingga kini (Lim *et al.*, 2008; Agarwal *et al.*, 2007; Norsa'adah *et al.*, 2005). Namun, daripada maklumbalas yang diterima, kebanyakan kes yang melibatkan penghidap barah ini adalah terdiri daripada golongan wanita. Faktor jantina ini menunjukkan bahawa wanita mempunyai risiko

sebanyak 200 kali ganda lebih tinggi daripada kaum lelaki bagi menghidap penyakit ini. Faktor-faktor penyakit ini adalah seperti usia, genetik, keturunan, sejarah penghidapan, masalah haid, tidak melahirkan atau lewat melahirkan anak, pengambilan makanan yang mengandungi banyak lemak haiwan, pengambilan pil hormon (oestrogen), kurang bersenam, obesiti (berlebihan berat badan), merokok, melakukan pengguguran dan pengambilan minuman keras (Hunt *et al.*, 2007).

2.2.1 Diagnosis Barah Payudara


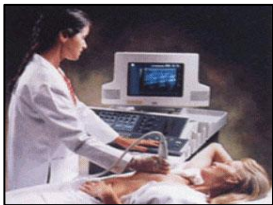

Pemeriksaan fizikal secara teratur adalah sangat penting bagi mengesan barah payudara dari peringkat awal. Pengesanan ini adalah penting bagi meningkatkan keberkesanan rawatan yang akan dijalankan. Semasa pemeriksaan, sebarang kelenjar-kelenjar limfa yang membesar di bawah lengan dan dasar leher pesakit akan diperiksa. Kemudian, satu atau lebih gabungan pelbagai ujian diagnostik akan dilaksanakan bagi mengenalpasti dan menentukan samaada bahagian tersebut mengandungi ketumbuhan atau tidak. Terdapat pelbagai kaedah diagnosis tetapi yang lazimnya digunakan pada masa kini adalah mammografi, ultrabunyi, biopsi jarum teras (CNB), sitologi aspirasi jarum halus (FNAC) dan pengimejan resonans magnetik (MRI) (Carvalho & Stewart, 2009). Prosedur-prosedur diagnosis barah payudara adalah seperti yang ditunjukkan melalui gambarajah blok pada Rajah 2.2.





Rajah 2.2: Prosedur-prosedur diagnosis barah payudara (Carvalho & Stewart, 2009)

Perbandingan antara setiap kaedah yang ditunjukkan dalam Rajah 2.2 yang lepas dinyatakan dalam Jadual 2.1 (Carvalho & Stewart, 2009; *Super Healthy Clubs*, 2011; *Ultrasound*, 2011; *Diagnostic Outpatient Imaging*, 2007; *Department of Pathology and Laboratory Medicine*, 2011; *Health Central*, 2011) seperti berikut:

Jadual 2.1: Perbandingan antara kaedah-kaedah diagnosis konvensional

Kaedah Diagnosis	Teknik Aplikasi	Kelebihan	Kekurangan
Mammografi 	Sukatan sistem sinar-x yang rendah dikenakan ke atas payudara pesakit yang telah dileperkan pada posisi yang tetap bagi mendapatkan imej yang jelas.	<ul style="list-style-type: none"> - Paling efektif bagi mengesan barah yang tidak boleh dirasai (<i>nonpalpable</i>). 	<ul style="list-style-type: none"> - Agak berbahaya. - Melibatkan kos yang tinggi. - Sukar dijalankan terhadap golongan wanita muda yang payudaranya lebih kental. - Ketepatan keputusan bergantung kepada tahap kemahiran pakar radiologi.
Ultrabunyi 	Gelombang-gelombang bunyi dengan frekuensi yang tinggi digunakan bagi membangunkan gambaran tisu payudara.	<ul style="list-style-type: none"> - Dapat mengesan ketulan yang ada samaada terdiri daripada jenis pepejal atau dipenuhi dengan pundi cecair. - Pesakit tidak berasa sakit. - Menjimatkan masa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Melibatkan kos yang tinggi.
Pengimejan Resonans Magnetik (MRI) 	Sistem dilengkapi dengan gelombang elektromagnet, gelombang radio dan komputer canggih digunakan bagi menghasilkan gambaran struktur atau imej dalaman payudara.	<ul style="list-style-type: none"> - Resolusi imej yang dihasilkan adalah lebih baik. - Tidak mempunyai radiasi mengion. - Berupaya merakamkan ciri-ciri tisu dengan jelas. - Informasi boleh diperolehi dalam bentuk anatomi dan fisiologi. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pengimbas MRI mudah dipengaruhi oleh pergerakan. - Pesakit boleh cedera parah atau maut sekiranya mempunyai bahan logam dalam badan. - Melibatkan kos yang sangat tinggi. - Tempoh masa pemeriksaan yang panjang. - Tidak boleh dilakukan ke atas pesakit yang mengandung.

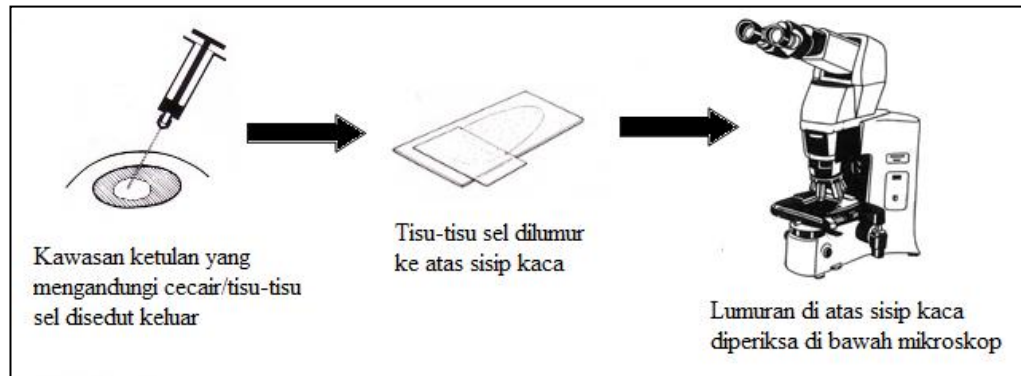
Jadual 2.1: Sambungan

Kaedah Diagnosis	Teknik Aplikasi	Kelebihan	Kekurangan
Biopsi Jarum Teras (CNB) 	Jarum teras lebar bersama dengan panduan taktik stereo atau peralatan bunyi digunakan bagi memotong dan mengambil tisu dari tumor sebagai sampel.	<ul style="list-style-type: none"> - Dapat mengesan tumor jenis pepejal. - Mempunyai tahap ketepatan diagnosis yang tinggi. 	<ul style="list-style-type: none"> - Menyakitkan pesakit. - Memerlukan suntikan bius (anestesi). - Bergantung kepada saiz jarum teras yang digunakan (kuantiti tisu adalah sedikit sekiranya saiz yang kecil digunakan). - Kawasan sampel terhad.
Sitologi Aspirasi Jarum Halus (FNAC) 	Picagari jarum halus digunakan bagi menyedut keluar tisu-tisu sel yang berbentuk cecair daripada kawasan ketulan yang kemudiannya diletakkan di atas sisip kaca sebagai sampel kajian.	<ul style="list-style-type: none"> - Mempunyai tahap sensitiviti dan spesifisiti yang sangat tinggi terhadap diagnosis tumor malignan. - Memerlukan peralatan yang sedikit. - Menjimatkan kos. - Ringkas, cepat dan tidak berasa sakit. - Keputusan diagnosis cepat diperolehi. - Boleh diulangi pada bila-bila masa. - Boleh dilakukan di klinik-klinik pesakit luar. - Tidak memerlukan suntikan bius. 	<ul style="list-style-type: none"> - Latihan dan kemahiran diperlukan. - Peratusan sel yang diaspirat kadangkala tidak mencukupi. - Ketepatan keputusan diagnosis bergantung kepada pengalaman pakar. - Maklumat diagnosis terhad bergantung kepada maklumat yang hanya dapat dilihat dengan mata kasar. - Kawasan sampel terhad.

2.2.2 Sitologi Aspirasi Jarum Halus (FNAC)

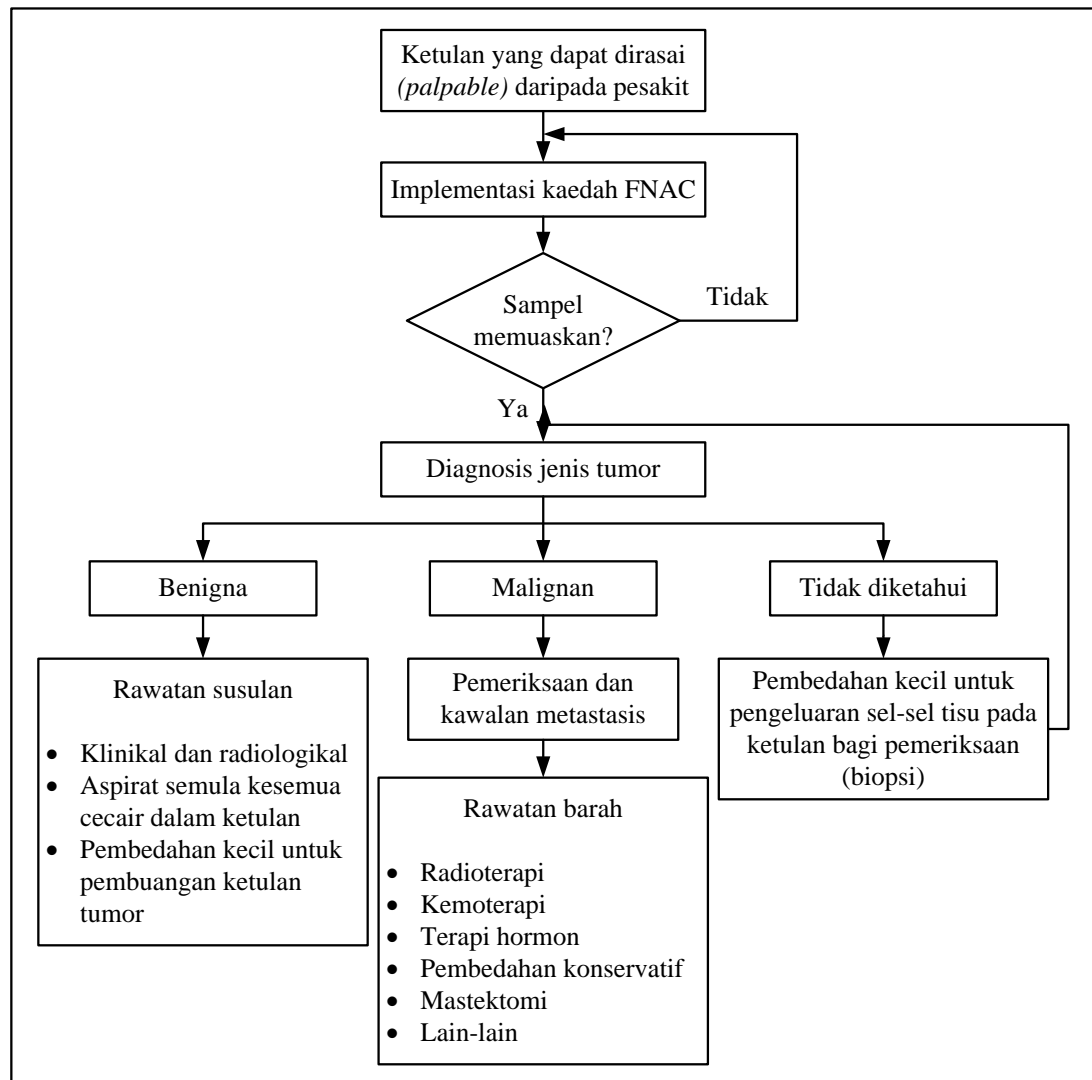
Berdasarkan Jadual 2.1, kaedah FNAC adalah salah satu daripada kaedah diagnosis terkini yang mempunyai pelbagai kelebihan. Setelah tisu-tisu sel disedut keluar daripada kawasan ketulan (lesi), sampel-sampel ini kemudiannya akan dihantar ke makmal untuk disahkan samaada mengandungi sel-sel barah atau tidak. Di makmal, sampel-sampel yang mengandungi sel-sel payudara tersebut akan dilumur ke atas sisip kaca dan dilihat di bawah

mikroskop bagi tujuan pemeriksaan oleh ahli sitoteknologi seperti prosedur yang ditunjukkan dalam Rajah 2.3 (*Health Central*, 2011).



Rajah 2.3: Prosedur-prosedur implementasi kaedah FNAC (*Health Central*, 2011)

Ahli patologi pula kemudiannya akan memeriksa ciri-ciri morfologi yang terdapat pada sitologi sel dan mengeluarkan keputusan diagnosis. Selain daripada ciri-ciri morfologi dan keadaan sitologi seperti yang akan diterangkan pada Bahagian 2.2.2 dan 2.3, maklumat berkenaan dengan paras selular dan morfologi sel yang terkandung dalam slaid-slaid lumuran FNAC juga boleh digunakan bagi diagnosis. Kebiasaannya, peratusan sensitiviti penggunaan kaedah FNAC dalam kebanyakan kes diagnosis barah payudara adalah 90 peratus sehingga 95 peratus (George *et al.*, 2014). Terdapat pelbagai penyelidikan yang mengkaji hubungan antara ciri-ciri morfologi sel dengan prognosis dan diagnosis barah payudara (George *et al.*, 2014; Gerstner *et al.*, 2003), namun kajian tentang teknik pengekstrakan ciri-ciri morfologi tersebut secara automatik masih terlalu sedikit dan masih di peringkat awal lebih-lebih lagi di Malaysia. Berikutan dengan persoalan tentang teknik-teknik pemprosesan berautomatik untuk mengekstrak ciri-ciri morfologi dan kelebihan yang ada pada kaedah FNAC, maka kajian ini dijalankan.



Rajah 2.4: Carta alir prosedur-prosedur diagnosis barah payudara melalui kaedah sitologi aspirasi jarum halus (George *et al.*, 2014)

Penjagaan dan rawatan barah secara berterusan perlu dilakukan secara rawak. Proses kawalan juga turut perlu dijalankan bagi mengkaji terapi individu dan kombinasi kesesuaiannya. Di antara rawatan-rawatan barah payudara yang biasanya dijalankan adalah seperti yang telah ditunjukkan dalam Rajah 2.4. Rawatan radioterapi atau radiasi adalah rawatan di mana sel-sel barah yang mengandungi bahan genetik dimusnahkan supaya barah tersebut tidak berupaya untuk bercambah lagi. Terapi hormon pula adalah kaedah rawatan yang diberi pada barah yang bergantung kepada hormon untuk bercambah. Misalnya, hormon penghalang pengeluaran hormon diberi supaya sel barah berhenti bercambah. Kemoterapi adalah kaedah rawatan berdasarkan ubat-ubatan bagi memusnahkan kandungan

genetik sel barah. Rawatan sebegini diberi apabila barah telah merebak. Kesan sampingan rawatan ini adalah keguguran rambut, loya dan pengurangan sel darah. Pembedahan konservatif adalah merujuk kepada pembuangan sebahagian daripada payudara sahaja iaitu bahagian di mana ketumbuhan barah berlaku. Mastektomi pula adalah pembedahan di mana seluruh payudara dan seluruh kelenjar-kelenjar limfa dibuang (Pennery & Maxine, 2008; Williams, 2008; Carlson *et al.*, 2004).

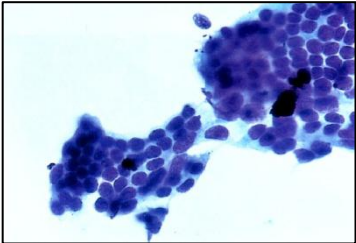
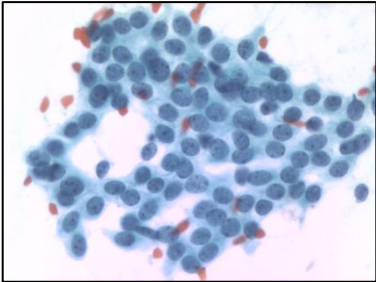
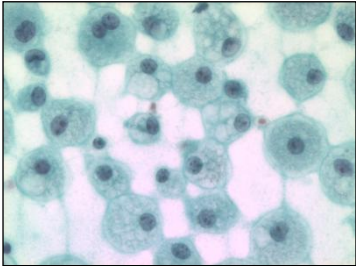
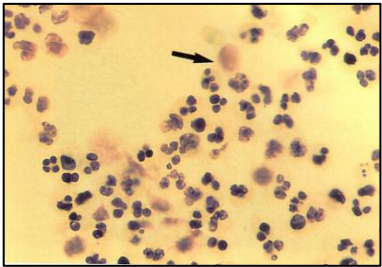
2.2.3 Sel Barah Payudara Sitologi Aspirasi Jarum Halus (FNAC)

Analisa sel-sel daripada cecair ketumbuhan payudara adalah pemeriksaan sitologi yang sering dilakukan ke atas pesakit barah payudara. Sel barah ini terbahagi kepada 2 kategori iaitu sel daripada tumor benigna dan tumor malignan.

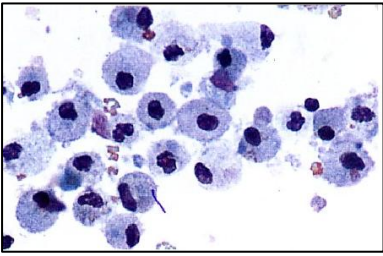
2.2.3 (a) Sitologi Tumor Benigna

Tumor benigna adalah ketumbuhan yang belum dikategorikan sebagai barah. Tumor jenis ini adalah tidak berbahaya kecuali apabila mengganggu fungsi organ yang terlibat. Tumor benigna tidak merebak dari punca asalnya dan tumbuh di dalam rongganya dan tisu-tisu yang normal. Tumor benigna kelihatan seakan-akan tisu yang normal. Tahap percambahan tumor ini adalah terkawal dan perubahannya adalah lebih perlahan berbanding dengan tumor malignan. Di antara tumor payudara benigna adalah adenosis, duktus ekstasia (*duct ectasia*), fibroadenoma, fibrosistik (*fibrocystic*), mastitis, hiperplasia epitelial, lipoma, duktus papilloma, inflamasi, galaktoksele, nekrosis lemak (*fat necrosis*), sista (*cysts*), metaplasia apokrine (*apocrine metaplasia*) dan skuamous (*squamous*) (Winchester, D. J., & Winchester, D. P., 2006). Sel-sel benigna yang lazimnya ditemui pada pesakit dan digunakan sebagai sampel dalam penyelidikan ini ditunjukkan dalam Jadual 2.2 (Atkinson, 2004; Saglam & Can, 2005).

Jadual 2.2: Jenis-jenis tumor benigna yang lazimnya ditemui pada pesakit (Atkinson, 2004; Saglam & Can, 2005)

Tumor Benigna	Ciri-ciri	Keadaan Sitologi
Fibroadenoma 	<ul style="list-style-type: none"> • Berlaku pada tisu kelenjar (adenoma) dan tisu fibros dalam lobul payudara. • Terbentuk dalam payudara wanita matang yang biasanya berusia antara 15 hingga 25 tahun. • Ketulan pada tumor agak ketara tetapi tidak menyakitkan dan boleh bergerak dengan mudah apabila disentuh. • Membesar secara perlahan dan terus mengecut apabila ukurannya mencapai diameter 2cm. 	<p>Sel-sel nuklei bertindih dan berpaut seperti gugusan anggur dengan permukaan pleomorfisme yang tidak kasar. Latar belakang imej fibroadenoma kebiasaannya mengandungi pecahan-pecahan stroma yang tunggal, nuklei yang bercorak dan sel-sel bipolar.</p>
Fibrosistik 	<ul style="list-style-type: none"> • Tumor yang paling umum berlaku di kalangan wanita berusia di antara 30 hingga 50 tahun. • Dikenali juga sebagai penyakit sistik (<i>cystic</i>), mastitis sistik kronik (<i>chronic cystic mastitis</i>) atau displasia mammary (<i>mammary dysplasia</i>). 	<p>Mengandungi sel-sel metaplastik apokrine, kumpulan-kumpulan sel tak teratur yang besar dan lapisan sitoplasma yang tebal.</p>
Adenoma Bersusu (<i>Lactating Adenoma</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> • Berlaku pada wanita yang lebih muda samaada semasa hamil atau menyusukan anak. • Variasi daripada kelas lesi payudara jenis fibroadenoma. • Pertumbuhan tumor jenis ini kebiasaannya diikuti dengan tumor jenis sista. 	<p>Terdiri daripada sel epitelium yang mengandungi bilangan nukleus yang seragam dan bersendirian dengan keadaan latar belakang yang berbuih.</p>
Mastitis 	<ul style="list-style-type: none"> • Infeksi yang paling kerap berlaku pada kelenjar mamari wanita yang menyusukan anak. • Keadaan payudara menjadi merah, terasa suam, lembut dan berketul kerana penyekatan duktus yang berlaku akibat kewujudan infeksi bakteria. 	<p>Mengandungi sel-sel epitelial yang kelihatan berceraai-berai secara tipis pada latar belakang inflamasi.</p>

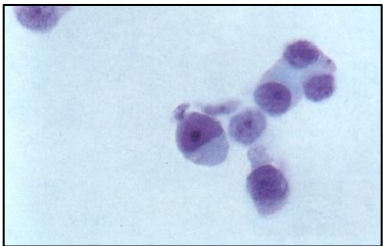
Jadual 2.2: Sambungan

Tumor Benigna	Ciri-ciri	Keadaan Sitologi
Sista 	<ul style="list-style-type: none"> Bersifat pejal, mengandungi air yang banyak dan seringkali di salah anggap sebagai barah. Biasanya berlaku pada wanita berumur yang masih subur kerana pada peringkat usia ini, payudara akan mengecut sebelum berlakunya peringkat menopause. Boleh wujud pada kedua-dua belah payudara. Boleh terjadi lebih daripada satu secara serentak. 	Mengandungi makrofag-makrofag yang banyak.

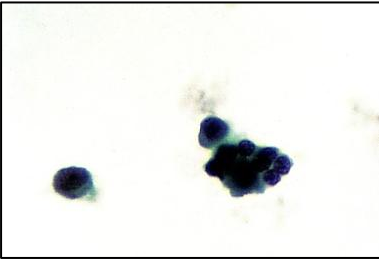
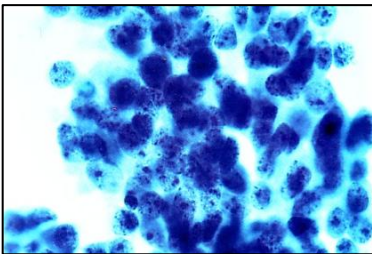
2.2.3 (b) Sitologi Tumor Malignan

Tumor malignan adalah ketumbuhan yang merbahaya kerana tumor ini terdiri daripada sel-sel barah yang mencero boh atau tumbuh dalam tisu-tisu yang normal. Bukan itu sahaja, malah sel-sel daripada tumor ini boleh menjangkiti tisu-tisu lain dan merebak ke seluruh bahagian badan sehingga boleh mengakibatkan barah sekunder yang akhirnya membawa maut. Di antara tumor malignan yang lazimnya berlaku pada para pesakit adalah karsinoma duktus, karsinoma lobul dan karsinoma prainvasif atau dikenali juga sebagai karsinoma in situ seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 2.3 (Atkinson, 2004).

Jadual 2.3: Jenis-jenis tumor malignan yang lazimnya ditemui pada pesakit (Atkinson, 2004)

Tumor Malignan	Ciri-ciri	Keadaan Sitologi
Karsinoma Duktus 	<ul style="list-style-type: none"> Tumor malignan yang paling sering berlaku. Bermula dalam tisu pengalas duktus dan terjadi dalam sel-sel duktus payudara. Simptom pertama kewujudan tumor ini adalah adanya ketulan keras yang kurang jelas dalam payudara. Karsinoma jenis ini merangkumi lebih kurang 90 peratus daripada kes barah payudara. 	Mengandungi sel-sel tunggal tak normal dan sel yang membengkak menunjukkan pleomorfisme yang jelas.

Jadual 2.3: Sambungan

Tumor Malignan	Ciri-ciri	Keadaan Sitologi
Karsinoma Lobular 	<ul style="list-style-type: none"> • Karsinoma jenis ini bermula dari lobus atau lobul. • Kebiasaannya terdapat di beberapa tempat dalam payudara. • Merangkumi 8 peratus daripada keseluruhan kes barah payudara. 	<p>Saiz sel-sel yang terkandung kelihatan seperti limfosit dan wujud dalam satu kelompok yang kuat dengan sel-sel pleomorfik yang tunggal serta lebih besar. Nisbah sitoplasma nuklear juga adalah tinggi.</p>
Karsinoma In Situ 	<ul style="list-style-type: none"> • Dikenali juga sebagai barah intraduktus. • Terbahagi kepada dua jenis iaitu karsinoma duktus in situ (DCIS) dan karsinoma lobular in situ (LCIS). • Karsinoma jenis ini hanya terhad di punca asalnya dan tidak menunjukkan tanda-tanda invasif dalam tisu di sekelilingnya. • Ketulan jarang dijumpai dan hanya dapat dikesan apabila terjadinya simptom seperti discaj daripada puting atau melalui kaedah diagnosis seperti mammogram. 	<p>Keadaan sitologi mengandungi butir-butir kromatin yang kasar dan jarak nuklear serta nukleoli yang tidak teratur.</p>

Sebahagian besar kajian barah payudara adalah berdasarkan pada kajian yang dilakukan dengan pusat sel barah ini. Kajian-kajian ini telah melahirkan pelbagai kemajuan yang signifikan dalam pengetahuan tentang pelbagai aspek penyakit barah dan penemuan ciri-ciri diagnosis yang baru seperti ciri-ciri sitometri DNA. Walaubagaimanapun, bagi menghasilkan ciri-ciri sitometri tersebut, maklumat tentang ciri-ciri morfologi sel perlu diperolehi terlebih dahulu bagi pembangunan histogram DNA. Ini membuktikan bahawa ciri-ciri morfologi merupakan antara maklumat yang amat penting dalam diagnosis barah.

2.3 Ciri-ciri Morfologi Sel

Ciri-ciri morfologi nuklear samaada dalam spesimen-spesimen histologi atau sitologi adalah kriteria yang paling penting bagi menilai kewujudan tumor. Kebiasaannya, ahli patologi akan mengklasifikasikan jenis tumor berdasarkan ciri-ciri morfologi yang ada pada sel seperti saiz sitoplasma dan nukleus, taburan sel samaada dalam keadaan diskrit ataupun berkelompok, tahap selular sel dan keadaan latar belakang slaid lumuran sel (Demir & Yener, 2005). Klasifikasi ini dilakukan berdasarkan perbezaan ciri-ciri morfologi yang wujud antara sitologi sel benigna dan malignan seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 2.4.

Jadual 2.4: Perbandingan ciri morfologi antara sitologi sel FNAC benigna dan malignan (Demir & Yener, 2005)

Ciri Morfologi	Sitologi Benigna	Sitologi Malignan
Pautan Sel	Pautan baik antara sel	Tiada pautan antara sel
Tahap selular	Tahap selular rendah	Tahap selular tinggi
Saiz sel	Saiz sel adalah normal	Saiz sel lebih besar
Keseragaman bentuk sel	Bentuk-bentuk sel seragam	Bentuk-bentuk sel tidak seragam (pleomorfisme)
Keadaan kromatin nuklear	Kromatin nuklear kasar dan teratur	Kromatin nuklear yang berbeza sering bersama dengan nukleoli yang menonjol
Latar belakang	Agak bersih	Kotor
Ketebalan membran nuklear	Ketebalan membran nuklear sama rata dan nipis	Ketebalan membran nuklear tidak sama rata dan lebih tebal
Keadaan nukleoli	Tiada nukleolus atau mempunyai nukleolus yang sangat kecil	Mempunyai nukleolus yang agak menonjol dan kadangkala lebih daripada satu
Mitosis (pembahagian sel)	Kekerapan mitosis yang lebih rendah	Kekerapan mitosis yang lebih tinggi
Lumuran nukleus	Keadaan lumuran nukleus lebih halus dan licin	Keadaan lumuran nukleus lebih kasar
Kerapuhan nukleus	Nukleus lebih rapuh	Nukleus lebih kuat atau tegap

Ciri-ciri morfologi nuklear dikategorikan kepada dua iaitu ciri-ciri morfometrik (pengukuran morfologi) dan ciri-ciri tekstur. Ciri-ciri morfometrik adalah ciri-ciri seperti saiz, keluasan, kepadatan, radius, kepanjangan dan pelbagai bentuk nuklear yang lain, manakala ciri-ciri tekstur pula adalah ciri-ciri yang menggambarkan taburan DNA, varians kepadatan optik dan kontras dalam nukleus.

Penggunaan pelbagai ciri morfologi sel dalam diagnosis dan prognosis barah adalah penting bagi mendapatkan keputusan analisis yang memberangsangkan. Penggunaan ciri-ciri morfologi nukleus seperti luas kawasan, perimeter, keamatan paras kelabu piksel dalam penentuan tahap barah payudara telah terbukti berkesan semenjak berabad tahun dahulu sehingga kini (Stenkvis *et al.*, 1978; Baak *et al.*, 1985; Dawson *et al.*, 1991; Nordemar *et al.*, 2002; Ross *et al.*, 2003; Pradhan *et al.*, 2006; George *et al.*, 2014). Penyelidikan-penyelidikan tersebut telah membuktikan bahawa tahap nuklear sel barah dapat berkorelasi dengan lebih baik dengan elemen-elemen diagnosis dan prognosis yang lain apabila dibantu oleh data-data morfologi imej. Bukan itu sahaja, malah Petersen *et al.* (2009) juga turut bersetuju bahawa nilai-nilai data morfologi mempunyai korelasi yang sangat tinggi dengan parameter-parameter ploidi DNA dan kandungan DNA.

2.4 Sistem Sokongan Diagnosis Barah Payudara Berasaskan Ciri-ciri Morfologi Sel

Perkembangan kaedah berasaskan ciri-ciri morfologi imej sel telah mendorong para penyelidik bagi menghasilkan pembaharuan dari segi penghasilan sistem sokongan diagnosis barah secara automatik. Sistem sokongan diagnosis barah adalah sistem yang dibangunkan menggunakan bahasa pengaturcaraan komputer tertentu bagi mengklasifikasi jenis penyakit yang dihadapi oleh pesakit. Tujuan pembangunan sistem sokongan berautomatik ini adalah bagi menjimatkan masa, menghasilkan keputusan diagnosis yang lebih cepat, meningkatkan kejituan dan mengurangkan kos diagnosis di samping mengurangkan tahap kebergantungan terhadap ahli patologi serta sitoteknologi seperti yang diringkaskan dalam Jadual 2.5.

Jadual 2.5: Perbandingan antara teknik-teknik pemprosesan secara manual dan automatik dalam sistem sokongan diagnosis barah yang dijalankan oleh para penyelidik terdahulu

Bahagian Sistem	Kaedah Sitometri Imej	
	Kaedah Manual	Kaedah Automatik
<p>Sistem Prapemprosesan</p> <p>(Plissiti <i>et al.</i>, 2011; Shariff <i>et al.</i>, 2010; Carpenter <i>et al.</i>, 2006)</p>	<p><u>Teknik digunakan:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Pelbagai teknik prapemprosesan imej dilaksanakan satu persatu seperti teknik peningkatan kontras, penapisan hingar dan sebagainya mengikut kesesuaian keadaan imej yang dikaji. <p><u>Kelebihan:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Kualiti imej yang diperolehi daripada sampel dengan keadaan tahap lumuran yang berbeza dapat ditingkatkan berdasarkan teknik-teknik yang dikenakan. <p><u>Kekurangan:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Pengguna perlu memilih teknik prapemprosesan yang sesuai sehingga kualiti imej dapat dipertingkatkan. - Kualiti imej yang terhasil bergantung kepada pemilihan teknik prapemprosesan imej yang ditentukan oleh pengguna. - Nilai-nilai parameter seperti nilai ambang perlu ditentukan sendiri oleh pengguna. 	<p><u>Teknik digunakan:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Pelbagai teknik prapemprosesan imej yang telah dikaji mengikut kesesuaian imej sel sitologi diaplikasikan dalam satu sistem sokongan mengikut turutan. - Sel nukleus dibezakan dengan latar belakang imej berdasarkan algoritma yang boleh mengira keamatan nilai ambang antara komponen sel dengan sendirinya. <p><u>Kelebihan:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Kesemua komponen yang terkandung dalam imej sel seperti nukleus, sitoplasma, keadaan latar belakang dan sebagainya dapat dibezakan dengan mudah. - Kualiti semua imej yang terhasil adalah seragam. - Nilai ketumpatan optik bagi setiap piksel yang seragam dapat diperolehi. - Nilai-nilai parameter seperti nilai ambang ditentukan sendiri oleh sistem berdasarkan teknik prapemprosesan berautomatik yang diaplikasi. <p><u>Kekurangan:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Tahap lumuran slaid sel dan keamatan cahaya mikroskop yang dikenakan semasa proses pengumpulan imej perlu diseragamkan bagi mendapatkan hasil kualiti imej yang sama.
<p>Sistem Perluasan</p> <p>(Plissiti <i>et al.</i>, 2011; De Vos <i>et al.</i>, 2010; Dunn <i>et al.</i>, 2010; Shariff <i>et al.</i>, 2010; Huang <i>et al.</i>, 2008; Carpenter <i>et al.</i>, 2006; Isa, 2005; Lindblad <i>et al.</i>, 2004)</p>	<p><u>Teknik digunakan:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Teknik perluasan seperti algoritma pertumbuhan kawasan secara titik benih (SBRG) digunakan bagi meruas kawasan sel yang dikehendaki. - Jumlah sel yang terkandung dalam sampel imej dikira berdasarkan bilangan sel-sel tunggal yang ditandakan oleh pengguna. 	<p><u>Teknik digunakan:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Teknik perluasan berdasarkan pengesanan nilai ambang seperti algoritma pertumbuhan kawasan secara titik benih automatik (ASBRG) dan pengelompokan digunakan bagi meruas kawasan sel yang dikesan. - Teknik pengelompokan digunakan bagi mengira jumlah sel yang terkandung dalam sampel imej. - Teknik perluasan legeh terubahsuai digunakan bagi meruas sel-sel yang bertindih.